

IAP20 Rec'd PCT/PTO 13 FEB 2006

Beschreibung

Verfahren zum Abbremsen eines Rotors einer Strömungsmaschine
und eine Drehvorrichtung zum Antreiben des Rotors einer
5 Strömungsmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abbremsen eines
Rotors einer Strömungsmaschine gemäss dem Oberbegriff des An-
spruchs 1 und eine Drehvorrichtung zum Antreiben eines Rotors
10 einer Strömungsmaschine gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs
6.

Aus der DE 524 329 ist eine Einrichtung zum langsamen Drehen
einer Dampfturbinenwelle bekannt. Die Erregermaschine des an
15 die Dampfturbinenwelle angekoppelten Stromerzeugers wird in
Betriebspausen als Motor betrieben, um die Turbinenwelle
anzutreiben. Da der Betrieb des Generators als Motor höhere
Drehzahlen benötigt als für den Drehbetrieb in den Betriebs-
pausen notwendig ist, ist zwischen der Rotorwelle und der
20 Antriebswelle der Erregermaschine ein Geschwindigkeitsminder-
getriebe geschaltet.

Es ist ferner bekannt, dass in einem Abfahrprogramm nach dem
Abschalten einer Gasturbine der in einem Öllager gelagerte
25 Rotor in einem sogenannten Drehbetrieb mittels einer Drehvor-
richtung bei einer niedrigeren Drehzahl gedreht wird. Die
beim Betrieb der Turbine aufgeheizten und sich ausgedehnten
Komponenten werden so während dieser Abkühlphase von der
Betriebstemperatur der Gasturbine auf die Umgebungstemperatur
30 abgekühlt. Der Verdichter saugt Umgebungsluft an und pumpt
diese in den ringförmigen Strömungspfad der Brennkammer und
der Turbine, so dass die Komponenten gekühlt werden und der
Gasturbine Wärme entzogen wird.

35 Das Öllager wird dabei neben einer Schmieröl- und zusätzlich
von einer Anhebeölversorgung gespeist, die dazu dient, den
Rotor während des Drehbetriebs hydrostatisch anzuheben.

Nach dem Abschalten der Drehvorrichtung kann sich ein Luftzug durch den Verdichter, die Brennkammer und die Turbine einstellen, der als Naturzug bezeichnet wird und von der Wetterlage abhängig ist. Dieser kann derart groß werden, dass während des Abfahrprogramms der Rotor der Gasturbine trotz abgeschalteter Drehvorrichtung weiter in einer Drehbewegung verbleibt.

- 10 Nachteilig ist dabei, dass die das Abfahrprogramm durchführende Steuerung der Gasturbine dann die Ölversorgung des Öllagers wegen der ständigen Drehbewegung des Rotors nicht selbsttätig abschaltet. Das automatisierte Abschalten der Ölversorgung des Öllagers würde erst dann erfolgen, wenn die
- 15 die Drehzahl überwachende Sensorik den Stillstand des Rotors erkennt. Störungsmeldungen der Steuerungen sind die Folge, die dann einem manuellen Eingriff erfordern. Zum Abbremsen des Rotors ist dann die manuelle Abschaltung der Ölversorgung nötig, wobei der Rotor dann bis zum Stillstand ungeschmiert
- 20 im Öllager rotiert. Dies kann zu Verschleiß und Defekten an Rotor und Öllager führen.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein kostengünstiges Verfahren zum Abbremsen eines Rotors einer Strömungsmaschine anzugeben, mit der die durch den Luftzug bedingte Drehbewegung des Rotors verlangsamt wird, bis der Rotor steht. Ferner ist es Aufgabe der Erfindung eine dazu korrespondierende Vorrichtung anzugeben.

- 30 Die auf das Verfahren bezogene Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 und die auf die Vorrichtung gerichtete Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 6 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

- 35 Die Lösung geht dabei von der Überlegung aus, dass nach Abschluss der Abkühlphase zum Abbremsen des Rotors dieser den Antrieb mittels der angekoppelten Antriebswelle im Umkehrbe-

trieb antreibt. Die bereits für den Drehbetrieb des Rotors konzipierte und ausgelegte Drehvorrichtung wird so kostengünstig im Umkehrbetrieb betrieben. Bestehende Turbinen, die bereits eine Drehvorrichtung aufweisen, können durch geringfügige An- oder Umbauten kostengünstig umgerüstet werden.

Die Steuerung führt während des Abfahrprogramms im Anschluss an den Drehbetrieb selbsttätig den Bremsbetrieb durch und kann dann nach dem Erkennen des Stillstandes des Rotors die Ölversorgung des Öllagers abschalten. Ein manuelles Eingreifen in das Abfahrprogramm kann so verhindert werden.

In einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung wird nach Abschluss der Abkühlphase der Antrieb von der Energiequelle getrennt und an ein Lastelement angeschlossen. Das Abtrennen der Energiequelle beendet den Antrieb des Rotors und somit den Drehbetrieb der Turbine. Durch den Anschluss des Lastelementes an den Antrieb kann der Umkehrbetrieb des Antriebes durchgeführt werden. Der in der Turbine herrschende Luftzug erhält die Drehbewegung des Rotors aufrecht. Dieser gibt die Drehbewegung über die Antriebswelle an den Antrieb weiter. Die Rotationsenergie wird durch den Antrieb umgewandelt und dann mittels eines Lastelementes dissipiert. Das Lastmoment für den Rotor erhöht sich, wodurch die Drehbewegung des Rotors sich verlangsamt, bis er zum Stillstand kommt.

Vorteilhaft ist der Antrieb als Hydromotor ausgebildet, der im Umkehrbetrieb als Hydropumpe arbeitet.

Zweckmäßigerweise ist der Antrieb als Elektromotor ausgebildet, der im Umkehrbetrieb als Elektrogenerator arbeitet.

Wenn der Rotor mittels eines Öllagers gelagert ist, kann nach dem Stillstand des Rotors die Energieversorgung des Öllagers ausgeschaltet werden.

- Wenn der Antrieb als Hydromotor ausgebildet ist, der im Umkehrbetrieb als Hydropumpe arbeitet und als Lastelement eine Drossel oder ein Ventil vorgesehen ist, kann das von dem Hydromotor im Umkehrbetrieb geförderte flüssige Medium durch
5 eine Drossel oder ein Ventil strömen. Somit ist im Kreislauf des Mediums ein Lastelement vorgesehen, an dem die Strömungsenergie des geförderten Mediums dissipiert. Der Antrieb des Hydromotors erfolgt dabei von dem Luftzug, der durch den Strömungspfad der Turbine strömt und dabei den Rotor in eine
10 Drehbewegung versetzt. Die Drossel oder das Ventil sind dabei in einer vorteilhaften Weitergestaltung regelbar ausgebildet, so dass zum Abbremsen des Rotors jederzeit das benötigte Lastmoment eingestellt werden kann.
- 15 In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist das Lastelement als ein elektrischer Verbraucher und der Antrieb als Elektromotor ausgebildet. Die Rotationsenergie des Rotors wird mittels des Elektromotors, der dabei im Umkehrbetrieb als Elektrogenerator arbeitet, in einen elektrischen Strom umgewandelt und an
20 den Verbraucher abgegeben. Dabei ist die Last des Verbrauchers so dimensioniert, dass eine Verzögerung der Rotation des Rotors einsetzt, bis dieser zum Stillstand gekommen ist. Dabei ist es vorteilhaft, dass das Lastelement regelbar ist.
- 25 In einer vorteilhaften Weiterbildung ist die Strömungsmaschine als Gasturbine ausgebildet.

Gemäß einem vorteilhaften Vorschläges ist die Strömungsmaschine als Verdichter ausgebildet.

30

Die Erfindung wird anhand einer Zeichnung erläutert. Dabei zeigen die Figuren:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Strömungsmaschine mit einer Drehvorrichtung,

Figur 2 einen Längsteilschnitt durch eine Gasturbine.

Die Figur 2 zeigt eine Gasturbine 1 in einem Längsteilschnitt. Sie weist im Inneren einen um eine Rotationsachse 2 drehgelagerten Rotor 3 auf, der auch als Turbinenläufer oder Rotorwelle bezeichnet wird. Entlang des Rotors 3 folgen ein Ansauggehäuse 4, ein Verdichter 5, eine torusartige Ringbrennkammer 6 mit mehreren koaxial angeordneten Brennern 7, eine Turbine 8 und das Abgasgehäuse 9 aufeinander.

10 Im Verdichter 5 ist ein ringförmiger Verdichterkanal 10 vorgesehen, der sich in Richtung der Ringbrennkammer 6 im Querschnitt verjüngt. Am brennkammerseitigen Ausgang des Verdichters 5 ist ein Diffusor 11 angeordnet, der mit der Ringbrennkammer 6 in Strömungsverbindung steht. Die Ringbrennkammer 6
15 bildet einen Verbrennungsraum 12 für ein Gemisch aus einem Brennmittel und verdichteter Luft. Ein Heißgaskanal 13 ist mit dem Verbrennungsraum 12 in Strömungsverbindung, wobei dem Heißgaskanal 13 das Abgasgehäuse 9 nachgeordnet ist.

20 Im Verdichterkanal 10 und im Heißgaskanal 13 sind jeweils alternierend Schaufelringe angeordnet. Einem aus Leitschaufeln 14 gebildeter Leitschaufelring 15 folgt jeweils ein aus Laufschaufeln 16 geformter Laufschaufelring 17. Die feststehenden Leitschaufeln 14 sind dabei mit dem Stator 18 verbunden, wo hingegen die Laufschaufeln 16 am Rotor 3 mittels
25 einer Turbinenscheibe 19 befestigt sind.

Der Rotor 3 ist mittels eines Öllagers 21 drehgelagert. Das Öllager 21 wird dabei neben einer Schmieröl- und zusätzlich
30 von einer Anhebeölversorgung gespeist, die dazu dient, den Rotor 3 während des Drehbetriebs hydrostatisch anzuheben.

Während des Betriebes der Gasturbine 1 wird vom Verdichter 5 durch das Ansauggehäuse 4 Luft 21 angesaugt und im Verdichterkanal 10 verdichtet. Die am brennerseitigen Ende des Verdichters 5 bereitgestellte Luft 21 wird durch den Diffusor 11
35 zu den Brennern 7 geführt und dort mit einem Brennmittel ver-

mischt. Das Gemisch wird dann unter Bildung eines Arbeitsfluids 20 im Verbrennungsraum 10 verbrannt. Von dort aus strömt das Arbeitsfluid 20 in den Heißgaskanal 13. An den in der Turbine 8 angeordneten Leitschaufeln 16 und an den Laufschaufeln 18 entspannt sich das Arbeitsfluid 20 impulsübertragend, so dass der Rotor 3 angetrieben wird und mit ihm eine an ihn angekoppelte Arbeitsmaschine (nicht dargestellt).

Figur 2 zeigt einen Hydraulikschaltplan 35 einer Drehvorrichtung 22. Ein Ausgang P des Hydraulik-Aggregates 23 ist mit dem Eingang eines Druckreduzierventils 24 verbunden. Der Ausgang des Druckreduzierventils 24 steht in Strömungsverbindung mit dem Eingang eines Stromregelventils 25, dessen Ausgang mit dem Eingang eines Hydromotors 26 verbunden ist. Der Ausgang des Hydromotors 26 ist an den Eingang eines Druckbegrenzungsventils 27 angeschlossen. Der Ausgang des Druckbegrenzungsventils 27 ist mit dem Eingang T des Hydraulik-Aggregats 23 in Strömungsverbindung. Eine Antriebswelle 28 des Hydromotors 26 ist über ein Getriebe 29 mit einem Rotor 30 einer Strömungsmaschine 31 verbunden.

Das Druckreduzierventil 24 und das Druckbegrenzungsventil 27 werden jeweils elektromagnetisch betätigt.

Die Strömungsmaschine 31 kann dabei als ein Verdichter oder auch als eine Gasturbine 1 ausgebildet sein.

Das Hydraulik-Aggregat 23 weist eine regelbare Hydraulikpumpe 32 auf, die von einem Motor 33 angetrieben wird. Der Eingang der Hydraulikpumpe 32 ist dabei mit einem Hydraulikspeicher 34 in Strömungsverbindung. Der Ausgang der Hydraulikpumpe 32 ist als Ausgang des Hydraulikaggregats 23 ausgebildet.

Die Hydraulikschaltung 35 ist für drei Betriebszustände ausgelegt: einen Drehbetrieb, einen Freilaufbetrieb und einen Bremsbetrieb.

Beim Betrieb der Strömungsmaschine 31 ist die Antriebswelle 28 des Hydromotors 26 nicht an den Rotor 30 der Strömungsmaschine 31 angekoppelt. Erst mit dem Abschalten der Strömungsmaschine 31 wird die Antriebswelle 28 an den Rotor 30 angekoppelt.

In einem Abfahrprogramm startet die Steuerung der Strömungsmaschine 31 zum Abkühlen dieser den Drehbetrieb. Dazu arbeitet der Hydromotor 26 als Antriebsmotor, der mittels seiner Antriebswelle 26 über ein Getriebe 29 den Rotor 30 der Strömungsmaschine 31 bei einer niedrigen Rotordrehzahl von $n=100\text{min}^{-1}$ antreibt. Dafür wird der Hydraulikmotor 26 von dem Hydraulik-Aggregat 23 gespeist, wobei das Druckreduzierventil 24 einen Druck von ca. 150 bar im Hydraulikmittel zulässt.

Das Stromregelventil 25 begrenzt zur Volumeneinstellung den Durchfluss des Hydraulikmittels auf ein Volumen von max. 70 l/min. Das Druckbegrenzungsventil 27 ist dabei unbetätigt, so dass dort kein Druck abfällt. Im Drehbetrieb wird durch die Rotation des Rotors 30 Luft durch den Verdichterkanal 10, die Ringbrennkammer 6 und den Heißgaskanal 13 von den Laufschaufeln 16 gepumpt, so dass die Strömungsmaschine 31 die gespeicherte Wärme schneller an die Luft abgibt. Nach dem Absinken der Temperatur der Gasturbine 1 unterhalb eines vorgegebenen Grenzwertes wird der Drehbetrieb eingestellt.

Im anschließenden Freilaufbetrieb bleibt die Antriebswelle 28 mit dem Rotor 30 über das Getriebe 29 verbunden. Das Druckreduzierventil senkt den Druck des Hydraulikmittels auf 10 bar ab. Somit wird der Hydraulikmotor 26 weiterhin mit einer ausreichenden Menge an Hydraulikmitteln versorgt, ohne dass dabei ein wirksames Antriebsmoment an der Antriebswelle 28 erzeugt wird. Der Hydraulikmotor 26 ist somit von dem Hydraulik-Aggregat 23 als Energiequelle entkoppelt. Das Druckbegrenzungsventil 27 bleibt auf 0 bar eingestellt, so dass im Hydraulikmittel kein Druckverlust erfolgt. Aufgrund von Reibungsverlusten vermindert sich die Rotordrehzahl.

Wenn aufgrund von einem als Naturzug bezeichneten Luftstromes, der durch den Verdichterkanal 10, den Verbrennungsraum 12 und den Heißgaskanal 13 strömt, die Rotorwelle auf einer Drehzahl hält bzw. verhindert, dass die Rotordrehzahl unter
5 eine vorgegebene Grenzdrehzahl von $n=10\text{min}^{-1}$ gelangt, schaltet die Steuerung der Strömungsmaschine selbsttätig von dem Freilaufbetrieb in den Bremsbetrieb weiter.

Im Bremsbetrieb ist die Antriebswelle 28 des Hydromotors 26
10 an den Rotor 30 der Strömungsmaschine 31 angekoppelt. Das Druckreduzierventil 24 reduziert den Druck im Hydraulikmittel auf 10 bar. Das Druckbegrenzungsventil 27 wird nun derart angesteuert, dass sich dort ein stetig aufbauender Druck im Hydraulikmittel einstellt. Somit dient das Druckbegrenzungs-
15 ventil 27 im Bremsbetrieb als Lastelement für den im Umkehrbetrieb betriebenen Hydromotor 26. Der Hydromotor 26 wird durch die Drehung des Rotors 30 nun angetrieben, so dass dieser als Pumpe arbeitet. Folglich fördert der Hydromotor 26 das Hydraulikmittel weiter zum Druckbegrenzungsventil 24, wo
20 ein Druckaufbau im Hydraulikmittel erfolgt. Dadurch wird eine Last für den rotierenden Rotor 30 erzeugt, das die Rotation abbremst und verlangsamt. Durch das Schließen des Druckbegrenzungsventils 27 wird das gewünschte Bremsmoment erzeugt, um den Rotor 30 zum Stillstand zu bringen.

25 Nach Unterschreiten der Grenzdrehzahl schaltet die Steuerung der Strömungsmaschine 31 zum Abschluss des Abfahrprogramms die Versorgung des Öllagers 21 des Rotors 3 selbsttätig aus. Durch die unterbundene Ölversorgung wird eine Reibung im Öl-
30 lager 21 erzeugt, die den Rotor 30 in den Stillstand abbremst. Dies verhindert ebenso, dass der Rotor 30 der Strömungsmaschine 31 durch den Naturzug aus dem Stillstand in eine Drehungsbewegung versetzt wird.

35 Nach dem Abschalten des Öllagers 21 kann ebenfalls das Druckbegrenzungsventil 24 wieder geöffnet werden, um den Hydromo-

tor 26 zu entlasten und den Druck im Hydraulikmittel zu senken.

5 Trotz der inneren Leckage der Hydromotoren 26 ist das Stillsetzen des Rotors 30 möglich.

Zur schnellen Stillsetzung des Rotors 3, 30 kann auch der Freilaufbetrieb übersprungen werden, so dass dem Drehbetrieb unmittelbar der Bremsbetrieb folgt.

10

Bei einer stationären Gasturbine kann auch die Arbeitsmaschine als Bremse eingesetzt werden, wobei anstelle einer Nutzlast eine Lastelement angeschlossen wird. Somit könnte z.B. der Generator als Arbeitsmaschine kurzgeschlossen werden, bei dem der Innenwiderstand des Generators dann als Lastelement dient.

15

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abbremsen eines Rotors (3, 30) einer Strömungsmaschine (31),
5 mit einer Drehvorrichtung (22), die einen von einer Energiequelle gespeisten Antrieb mit einer Antriebswelle (28) aufweist, an die der Rotor (3, 30) ankoppelbar ist, wobei während einer Abkühlphase der Turbine (8) der Rotor (3, 30) mittels der dann angekoppelten Antriebswelle (28) vom Antrieb angetrieben wird,
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass nach Abschluss der Abkühlphase zum Abbremsen des Rotors (3, 30) dieser mittels der angekoppelten Antriebswelle (28) den Antrieb im Umkehrbetrieb antreibt.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass nach Abschluss der Abkühlphase der Antrieb von der Energiequelle getrennt und an ein Lastelement angeschlossenen wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Antrieb als Hydromotor (26) ausgebildet ist, der im Umkehrbetrieb als Hydropumpe arbeitet.
- 25 4. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Antrieb als Elektromotor (33) ausgebildet ist, der im Umkehrbetrieb als Elektrogenerator arbeitet.
- 30 5. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Rotor (3, 30) mittels eines Öllagers (21) gelagert wird und dass
35 nach dem Stillstand des Rotors (3, 30) die Energieversorgung des Öllagers (21) ausgeschaltet wird.

6. Drehvorrichtung (22) zum Antreiben des Rotors (3, 30) einer Strömungsmaschine (31),
mit einem von einer Energiequelle gespeisten Antrieb mit
5 einer Antriebswelle (28), an welche der Rotor (3, 30) ankop-
pelbar ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Antrieb von der Energiequelle trennbar und an ein Last-
element anschließbar ist und dass
10 der Antrieb zum Abbremsen des Rotors (3, 30) im Umkehrbetrieb
antreibbar ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
15 der Antrieb als Hydromotor (26) ausgebildet ist, der im Um-
kehrbetrieb als Hydropumpe arbeitet und dass
als Lastelement eine Drossel oder ein Ventil vorgesehen ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6,
20 dadurch gekennzeichnet, dass
dass der Antrieb als Elektromotor (33) ausgebildet ist, der
im Umkehrbetrieb als Elektrogenerator arbeitet und dass
als Lastelement ein elektrischer Verbraucher vorgesehen ist.
- 25 9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Lastelement als regelbares Lastelement ausgebildet ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9,
30 dadurch gekennzeichnet, dass
die Strömungsmaschine (31) als Gasturbine ausgebildet ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
35 die Strömungsmaschine (31) als Verdichter ausgebildet ist.

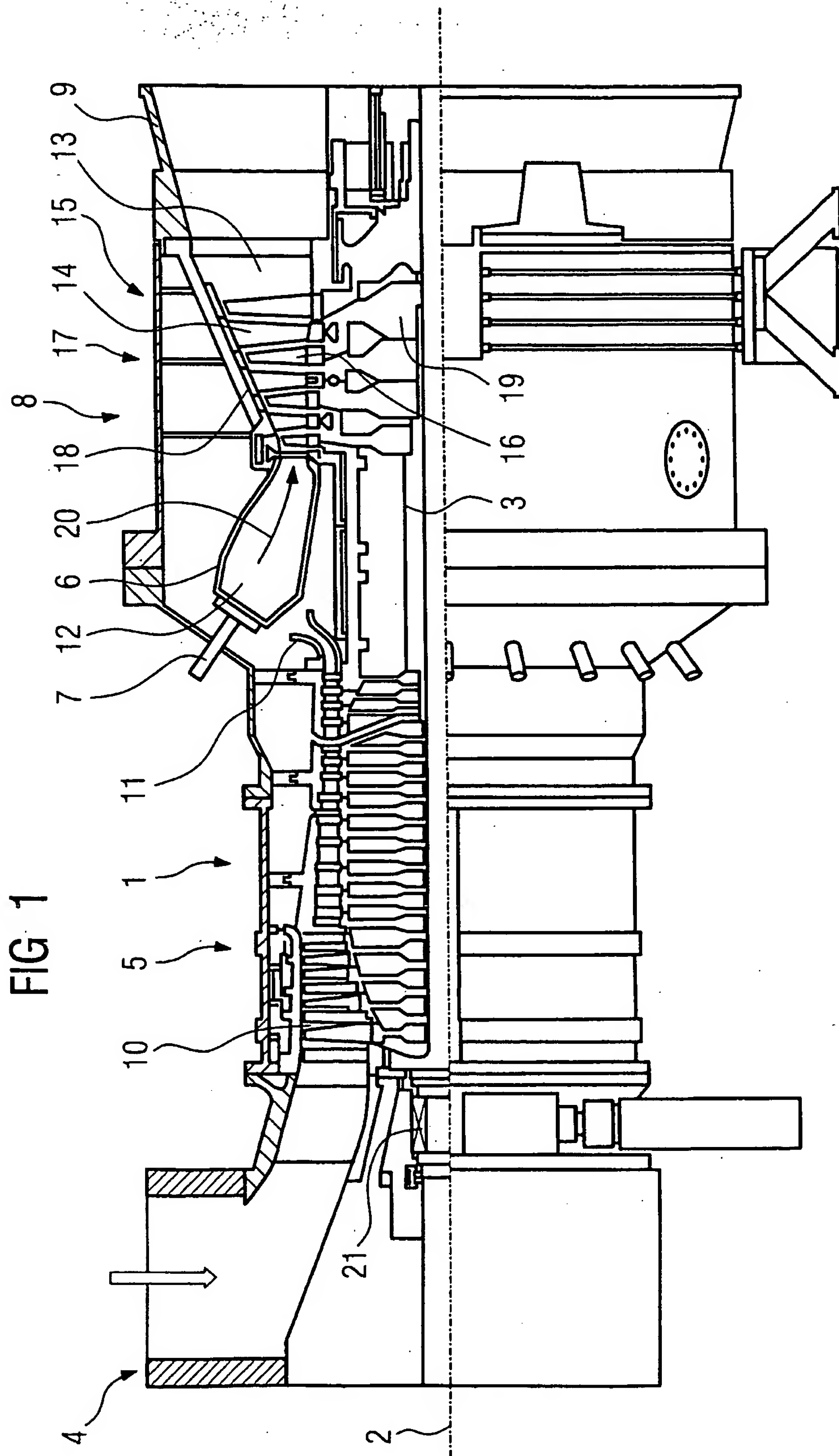


FIG 2

